

トランジスタ 400 Mc 帯移動無線電話装置

Hitachi Transistorized 400 Mc/FM Mobile Radio Equipment

鈴木 虎雄* 奥 野 裕*
Torao Suzuki Yutaka Okuno

内 容 梗 概

最近日立製作所が開発した SEM-0510A 形 400Mc/FM 移動無線電話装置を紹介し、あわせて移動無線機トランジスタ化における設計上の諸問題について述べてある。

1. 緒 言

F3 電波を使用する単一通話路無線局の割当周波数として、ここ数年来急速に増大しつつある電波需要に対処するため 400 Mc 帯が開放されたのはさる34年末である。すなわち同周波数帯を便宜上 A (364.5~365.6 Mc), B (372.5~373.6 Mc), C (414.5~415.5 Mc) の3バンドに分け、Aは主として移動範囲が全国一円に及ぶ移動業務および同報通信業務に、Bは公共または公益業務を主目的とするもの、Cは前記以外の業務用として割り当てられることになった。その後、400 Mc 帯の機器製作技術の進歩に伴い電波法の改正とともに、400 Mc 帯 FM 無線機の形式検定規則も定められ、37 年 1 月より実施されるに至った (第 1 表参照)。

ここにおいて、日立製作所は UHF 増幅用トランジスタの開発とともに機器のトランジスタ化を押し進め、このほど小形軽量低電力でかつ高信頼性を有するトランジスタ 400 Mc 帯移動用無線電話装置 SEM-0510 A 形を完成したので、以下にその概要を発表する次第である。なお本機はさきほど決定を見た電力用無線機統一仕様を完全に満足しており、すでに郵政省形式検定に合格したものである。

2. トランジスタ 400 Mc/FM 移動無線機の諸問題

2.1 電 波 伝 搬

電波伝搬は 400 Mc 帯は VHF 帯 (30, 60, 150 Mc) に比べ伝搬損失や回折損失が大きくなり、回線設計上一見不利に思われるが、通話品質を決定する外来雑音特に都市周辺における都市雑音に対してはこの UHF 帯がかえって有利となる。われわれは各所において伝搬実験を行ってきたが、その一例として第 1 図に 150 Mc 帯と 400 Mc 帯の都市雑音の比較データを示す。

すなわち本図によれば 400 Mc 帯は都市において 7~8 dB、近郊で約 5 dB の優位が認められ、VHF 帯に比較して通話品質を考慮した通達距離が必ずしもそんな色あるものとは思えない。

さらにまた空中線も波長が短くなるにつれて高利得のものが比較的容易に得られるため、この面からも通達距離を伸ばすことが可能となり、UHF 帯は特に市街地においてその特色を発揮することができる。

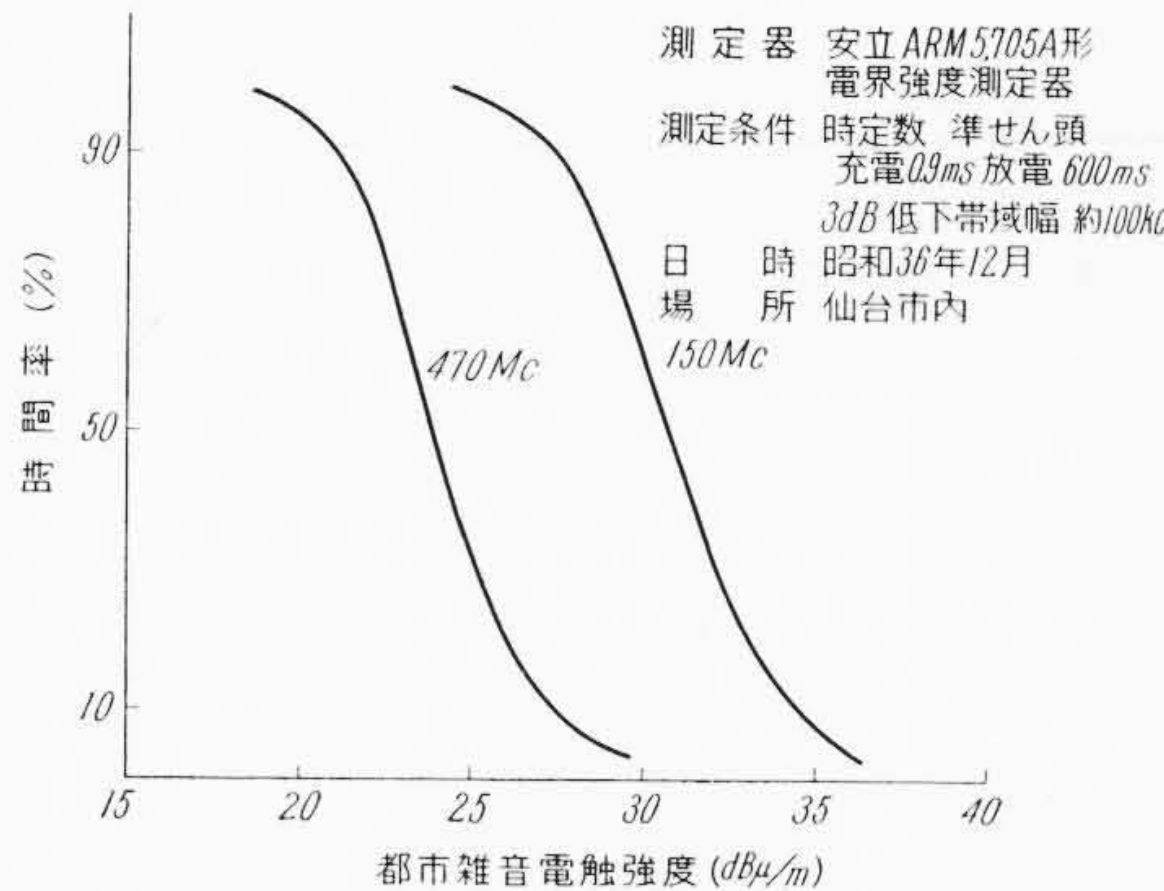
2.2 無線機の信頼度

機器の信頼度は機器を構成する個々の部品の信頼度とその使用個数によって決定され、一般に機器の信頼度 (ある規定時間に故障を起こさない確率) Rt は次のように示される。

$$R_t = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} \simeq 1 - (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t \dots\dots (1)$$
$$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n: \text{個々の部品の故障率 (hazard rate)}$$
$$t: \text{時 間}$$

またセットが故障するまでの平均時間 MTTF (Mean time to failure)

* 日立製作所戸塚工場



第 1 図 1,500 Mc 帯と 400 Mc 帯との都市雑音比較

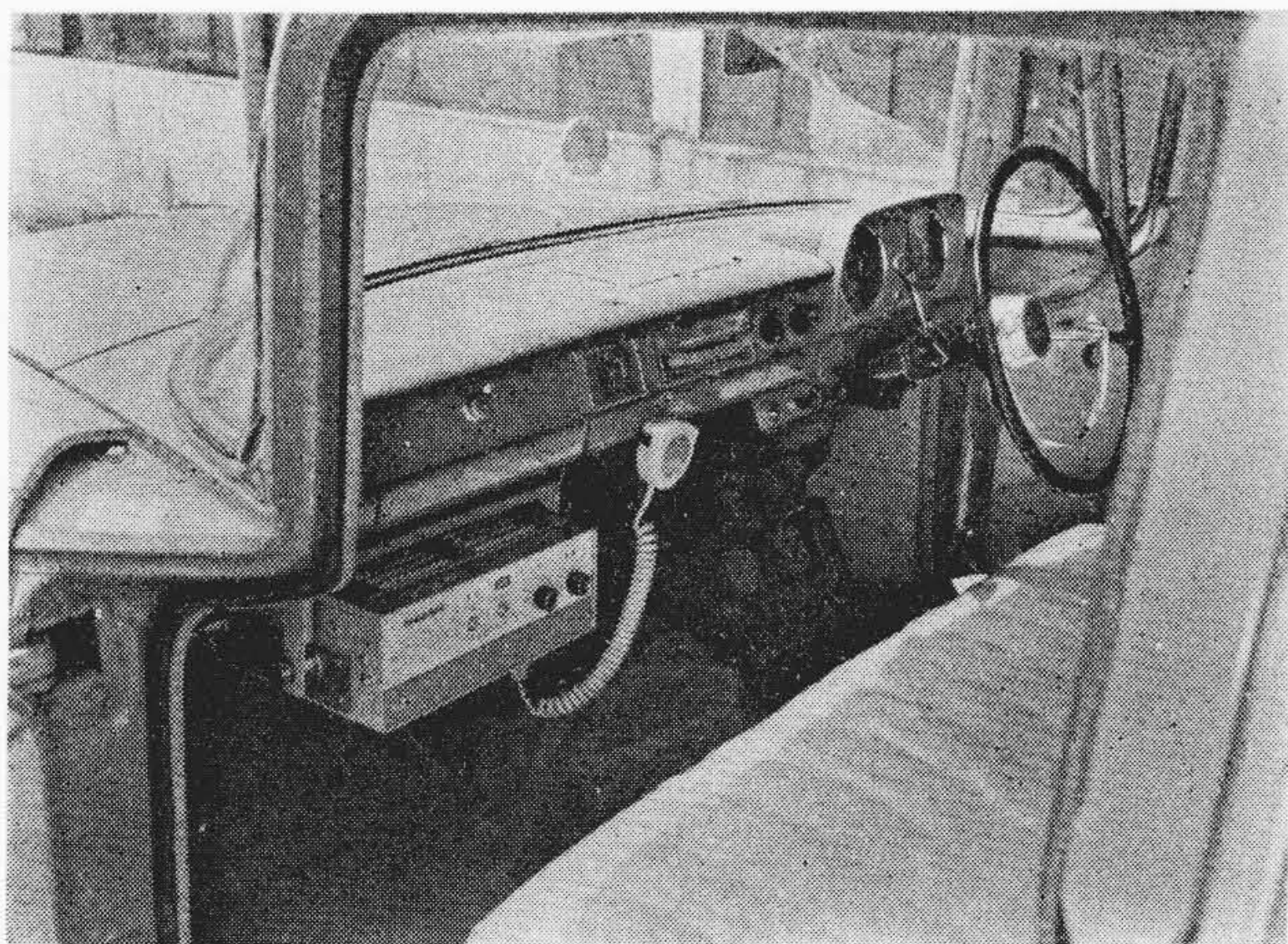
第 1 表 400Mc 帯 FM 無線機形式検定規則、電力統一仕様規格および日立標準仕様 (抜萃)

項#	仕 様 項 目	形式検定規則	電力統一仕様	日立標準仕様
環境条件に対する性能	1 振 動	3mm 0~500c/m 1mm 500~1,800c/m 各方向 0.5 時間	3mm 120~600c/m 2mm 600~1,200c/m 各方向 1 時間	3mm 120~600c/m 2mm 600~1,200c/m 各方向 1 時間
	2 衝 撃	5 cm の高さより 3 回落下	10 cm の高さより 3 回落下	10 cm の高さより 3 回落下
	3 連 続 動 作	1 分送信 3 分受信 で 8 時間	1 分送信 3 分受信 で 8 時間	1 分送信 3 分受信 で 8 時間
	4 温 度	0℃~+40℃ -10℃~+50℃ -20℃~+50℃ いずれか各 1 時間 放置	-20~+60℃ 1 時間 測定は -10~+50℃	-20℃~+60℃ 1 時間 測定は -10℃~+50℃
	5 湿 度	+35℃ 95% 4 時間	+35℃ 95% 4 時間	+35℃ 95% 4 時間
	6 電源電圧変動		DC 12V +30% -10%	DC 12V +30% -10%
送信機性能	1 周波数許容偏差	20×10 ⁻⁶	10×10 ⁻⁶	10×10 ⁻⁶
	2 占有周波数帯幅	30 kc 以内	30 kc 以内	30 kc 以内
	3 スプリアス輻射	1 mW 以下かつ -60 dB 以下	1mW 以下かつ -60 dB 以下	1mW 以下かつ -60 dB 以下
	4 空中線電力偏差	+20~-50%	+20~-50%	+20~-50%
	5 最大周波数偏移	±12 kc	±12 kc	±12 kc
	6 ひ ず み	20 dB (70% 変調)	20 dB (70% 変調)	20 dB (70% 変調)
受信機性能	1 感 度	20 dB QS 8 dB 以下	20 dB QS 6 dB 以下	20 dB QS 6 dB 以下
	2 通 過 帯 域 幅	6 dB 20 kc 以上	6 dB 20 kc 以上	6 dB 20 kc 以上
	3 選 択 度	70 dB 60 kc 以内	70 dB 60 kc 以内	70 dB 60 kc 以内
	4 スプリアスレスポンス	-70 dB 以下	-70 dB 以下	-70 dB 以下
	5 感度抑圧効果	80 dB 以上	80 dB 以上	80 dB 以上
	6 相互変調特性	65 dB 以上	65 dB 以上	65 dB 以上
	7 ひ ず み 率	20 dB 以上	20 dB 以上	20 dB 以上
	8 局 発 偏 差	20×10 ⁻⁶	10×10 ⁻⁶	10×10 ⁻⁶

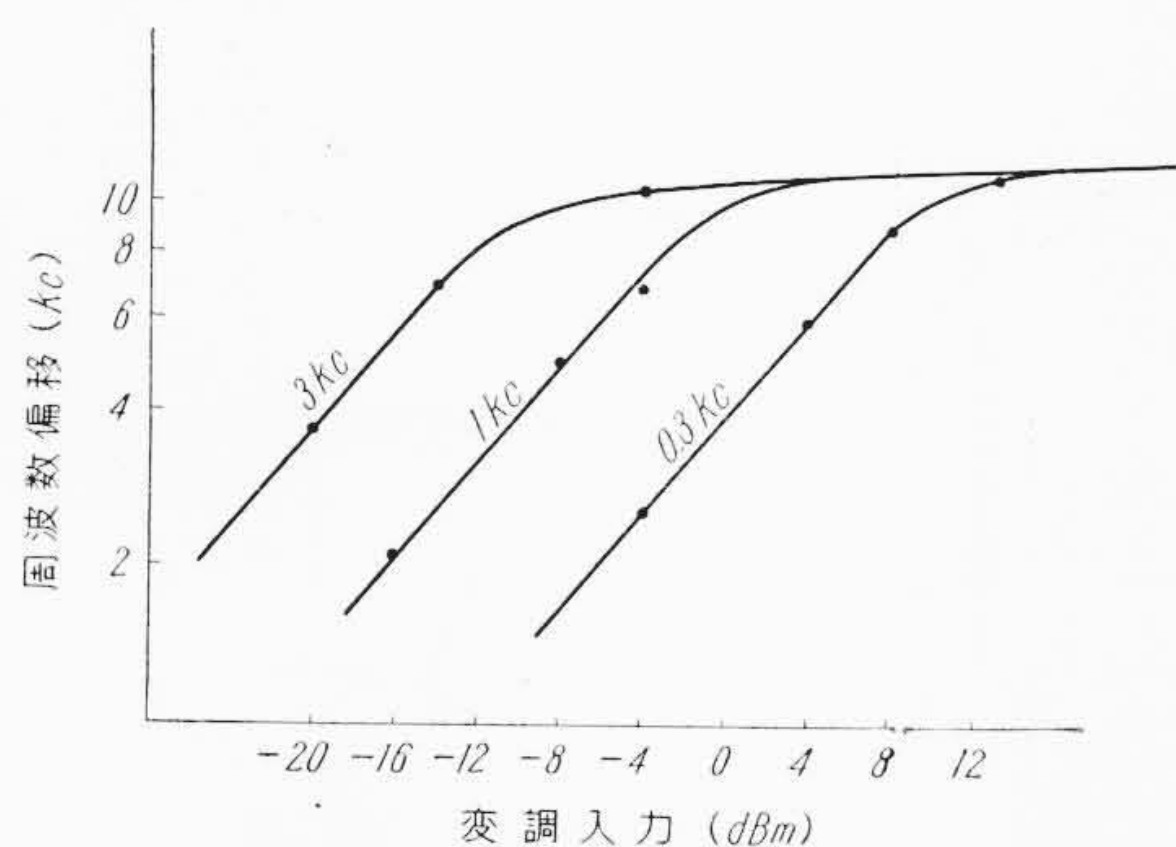
T は次のように表わされる。

$$T = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$
$$\lambda: \text{機器の故障率 } \lambda = \sum_n \lambda_i$$

いま一例として 400 Mc FM 受信機をとり第 2 表に示すように主要部品の故障率を用いてこれを真空管式とトランジスタ式のおのお



第3図 取付状況



第4図 変調特性

- (ii) 自動車内温度分布より本体をダッシュ板に取り付けたほうが寿命が長くなる
- (iii) 長い制御ケーブルを自動車内に施設する必要がなく、かつ保守が簡便である
- などの理由から、最近では制御器および本体を合わせて一体構造とし、ダッシュ板に組み込むかまたはつり下げる方式がしだいに多くなりつつある。

3. SEM-0510A 形移動無線装置の概要

本装置は上に述べた諸問題につき検討を重ねた結果、第2図構成図に示すように送信部の一部を除いて全トランジスタ化することにより、信頼度の向上と装置の小形軽量化を図り、制御器、送信部、受信部、電源部を一体としてダッシュ板に取り付ける構造とした。一方小形乗用車のように運転台が狭い場合、または急しゅんな悪路を走行し車体振動が著しい場合などを考慮して従来のように制御器のみをダッシュ板に組み込み、本体を防振台に装着して自動車のトランク内あるいは座席下任意の個所に取り付けできるようにした。乗用車に取り付けの一例を第3図に示す。

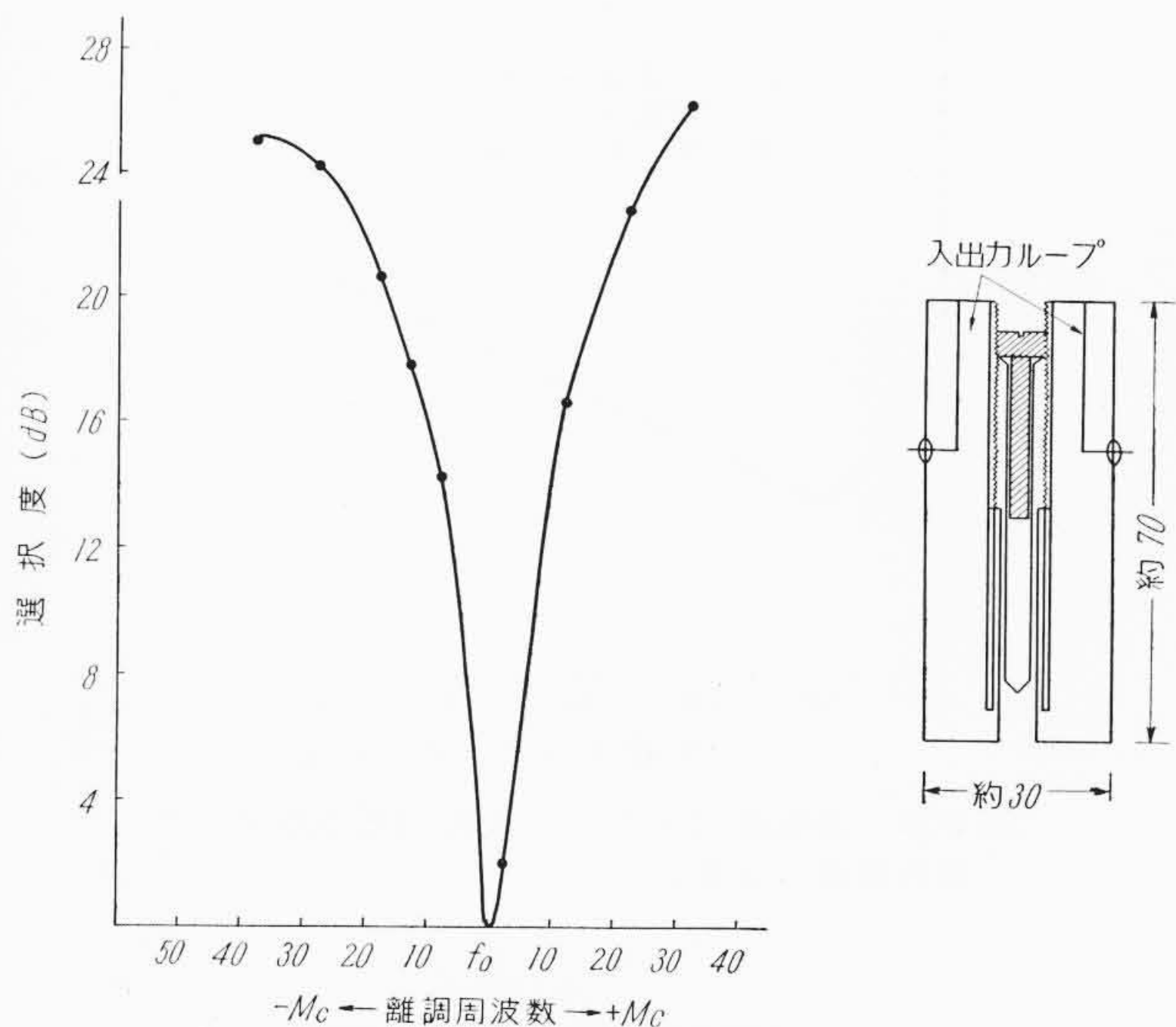
以下装置の概要について説明する。

3.1 性能

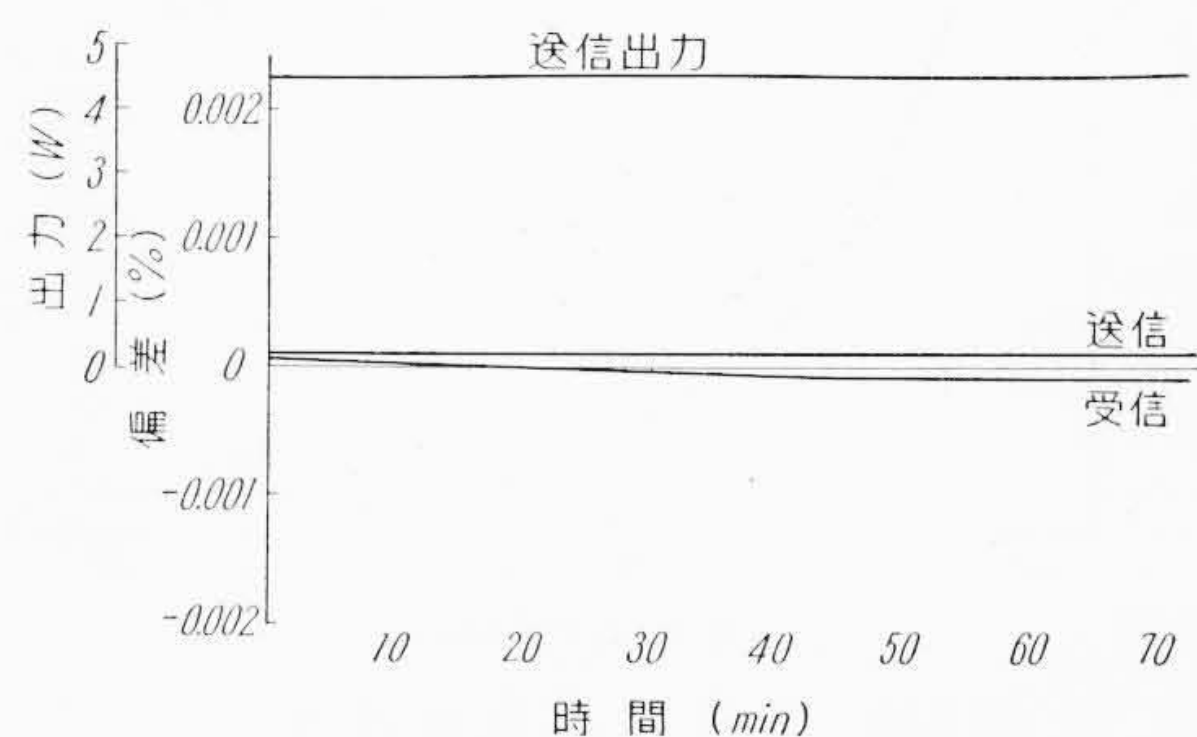
3.1.1 送信部

第2図の総合系統図に示すように送信部はIDC、発振、変調、緩衝増幅の各段をトランジスタ化した送信トランジスタ部と、通倍、電力増幅の送信真空管部より成っており、送信トランジスタ部は真空管部の発熱の影響を避けるため受信部とともに別箱に分離し、その間を同軸ケーブルで接続してある。

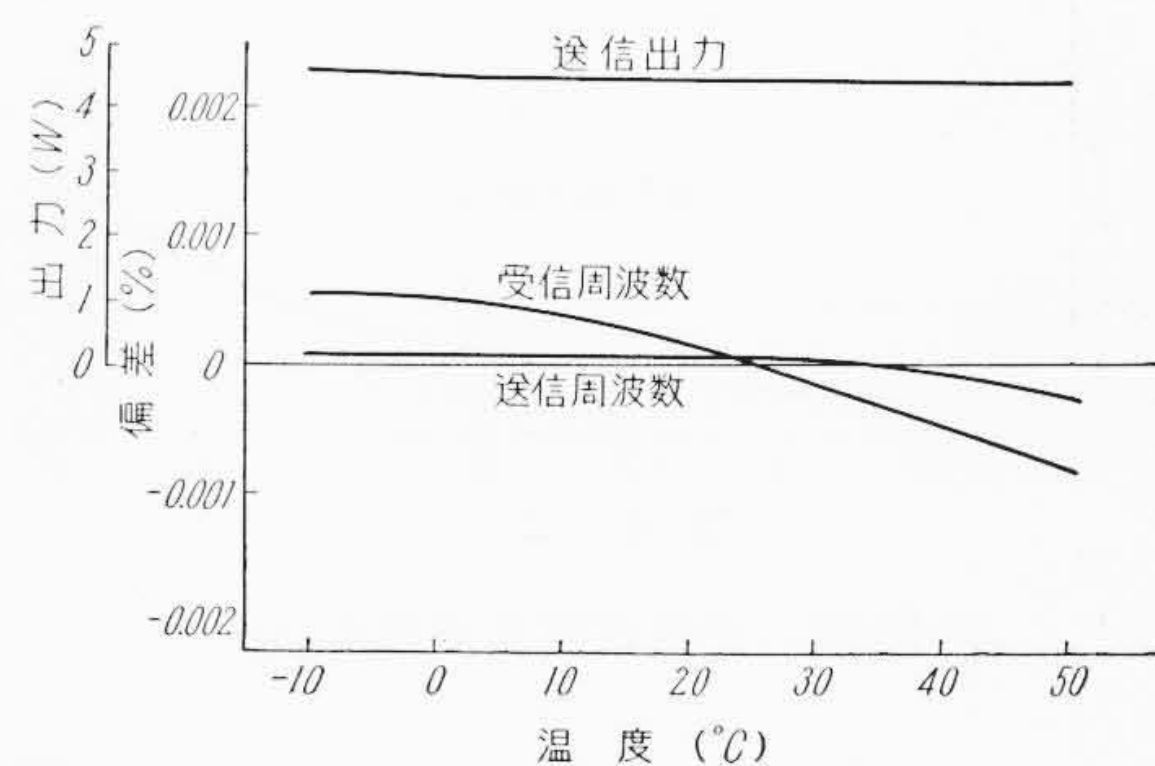
原発振周波数は送信周波数の36分の1をトランジスタ水晶発振ユニットで得て、これをバリキャップ1S85にて位相変調を行なっている。その変調特性は第4図に示すとおりである。



第5図 小形キャビティ選択特性



第6図 周波数および送信出力安定度(時間)



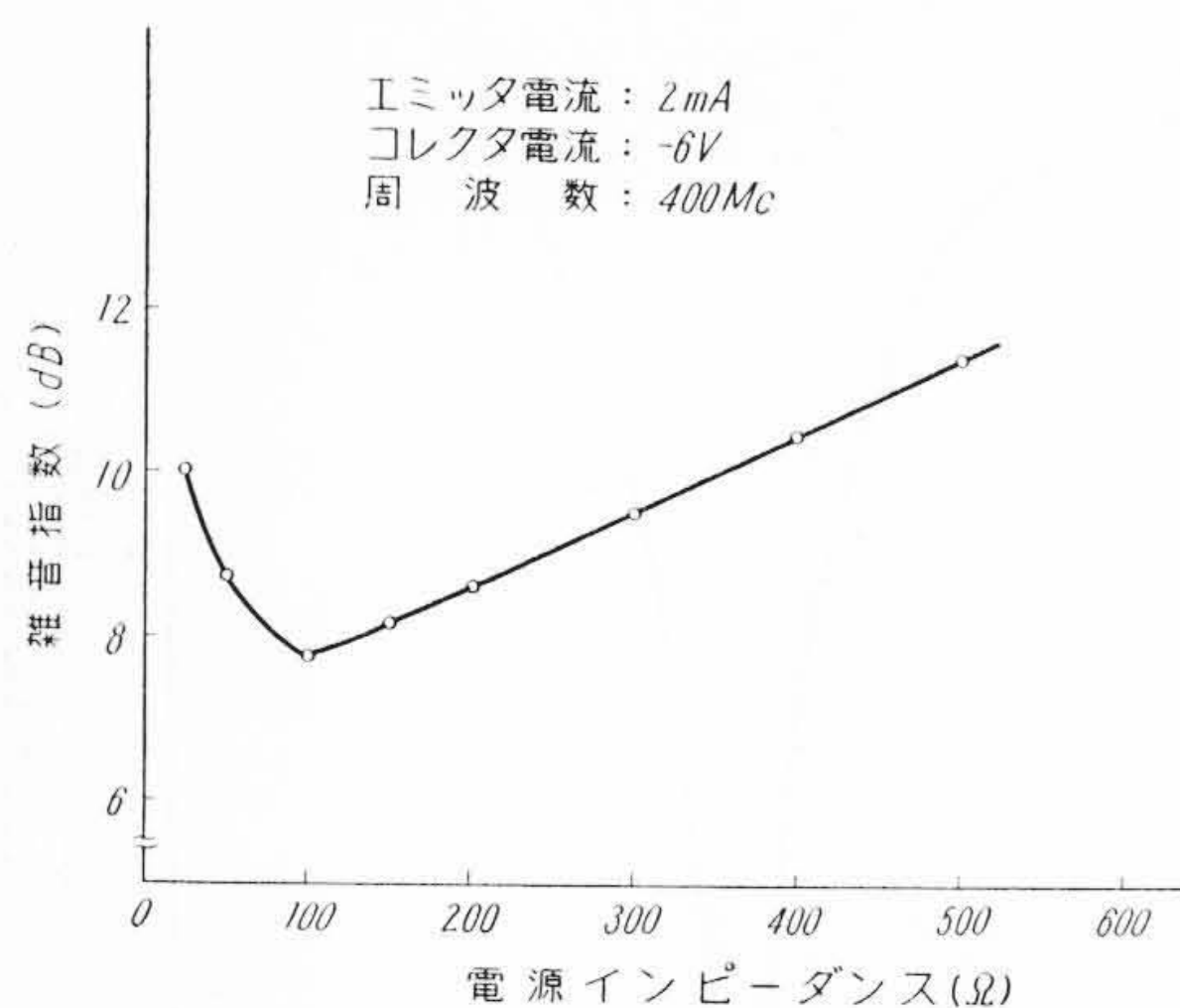
第7図 周波数および送信出力安定度(温度)

被変調出力は一段トランジスタにより増幅されたのち送信真空管部へ送られる。真空管部では6BH6で中間増幅して通倍に十分な電圧に安定させたのち6BH6、6360、6939で36通倍が行なわれ、終段においては6939で出力約4Wを得ている。最終3通倍器とPA段の間はレッヘル線同調により低調波が除かれ、さらに終段PA部で発生する高調波に対しては折返し形の小型三重同軸共振器を使用することによりスプリアス放射を極力少なくしてある。第5図はこの共振器の選択特性、第6図および第7図は送信出力および周波数の安定度を示している。

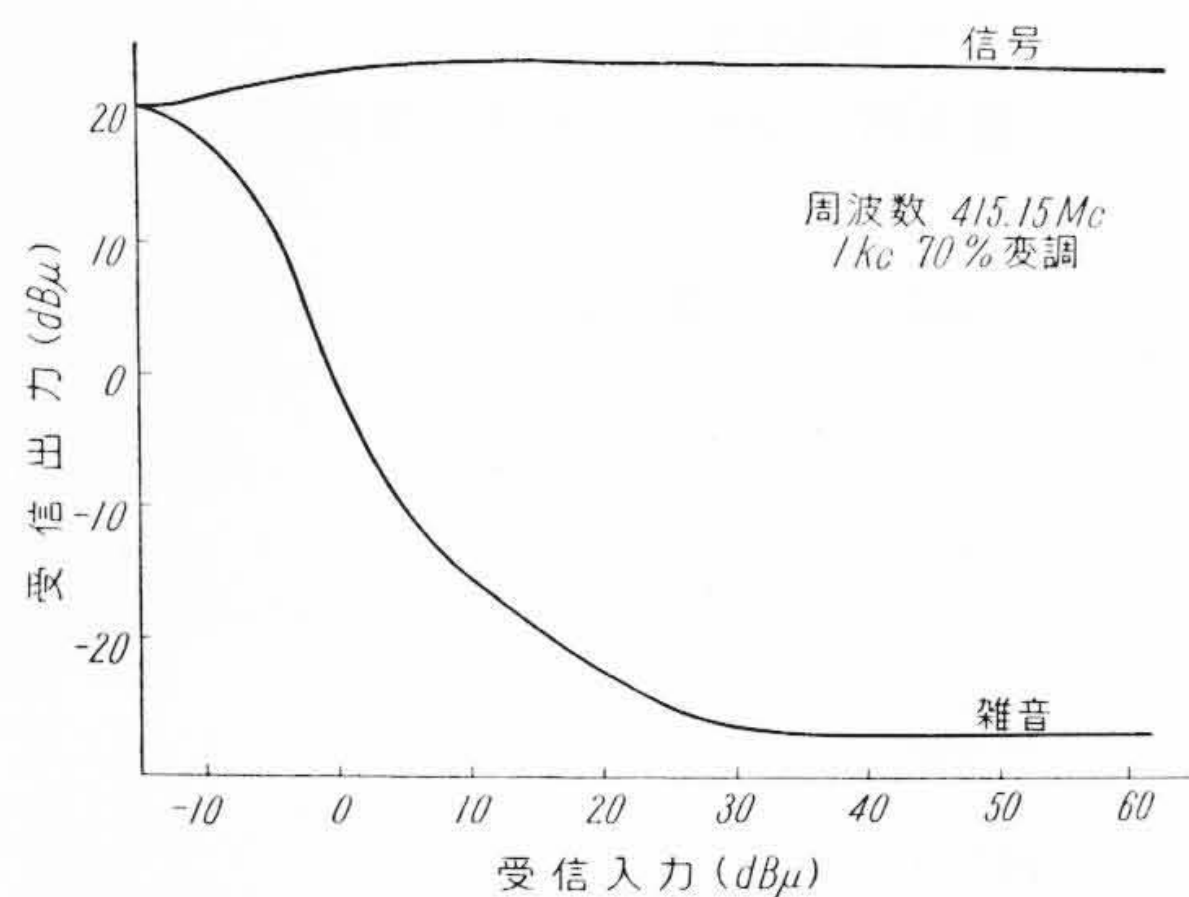
3.1.2 受信部

一般にプレストーク方式の移動無線機の場合送信、受信の使用比率は1:10あるいはさらに送信比率の少ない場合が多く、したがって受信部を全トランジスタ化することにより著しく無線機としての消費電力の節減と長寿命化を図ることができる。このような理由で日立製作所は早くからUHF増幅用トランジスタの開発に力を注ぎ、ゲルマニウムメーサ形のHS506Mを完成した。

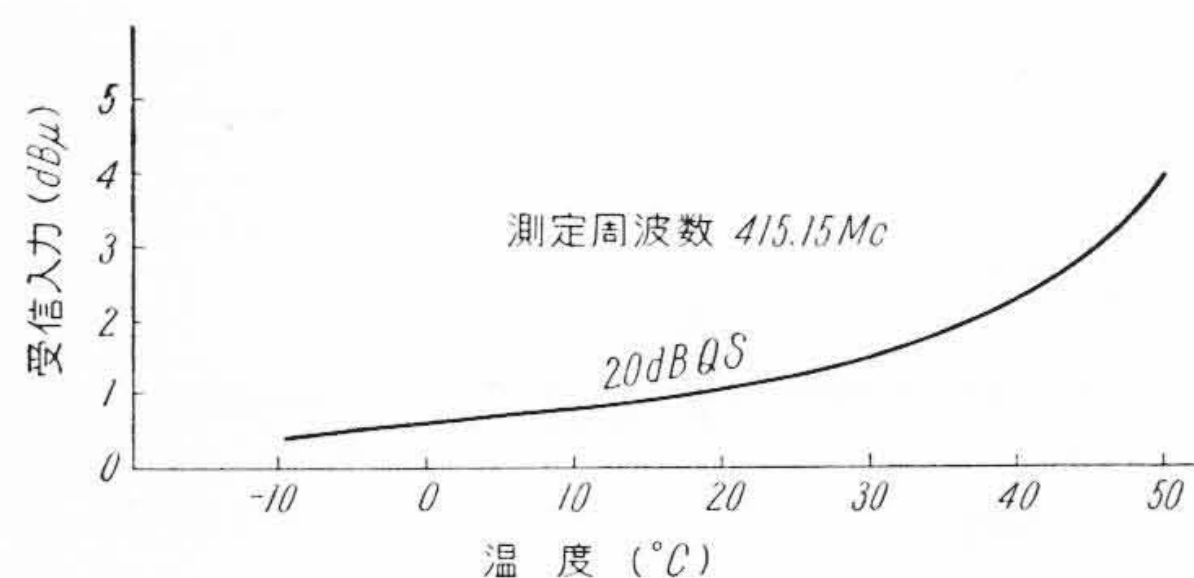
HS506Mは第8図に示すように400Mc帯において良好なる増



第8図 高周波用トランジスタ (HS 506 M) の雑音指数 (計算値)



第9図 受信部信号対雑音比



第10図 受信部感度の温度特性

幅特性と雑音指数*を示し、これを高周波部に用いることにより、第9、10図に示すような受信感度をうることができた。

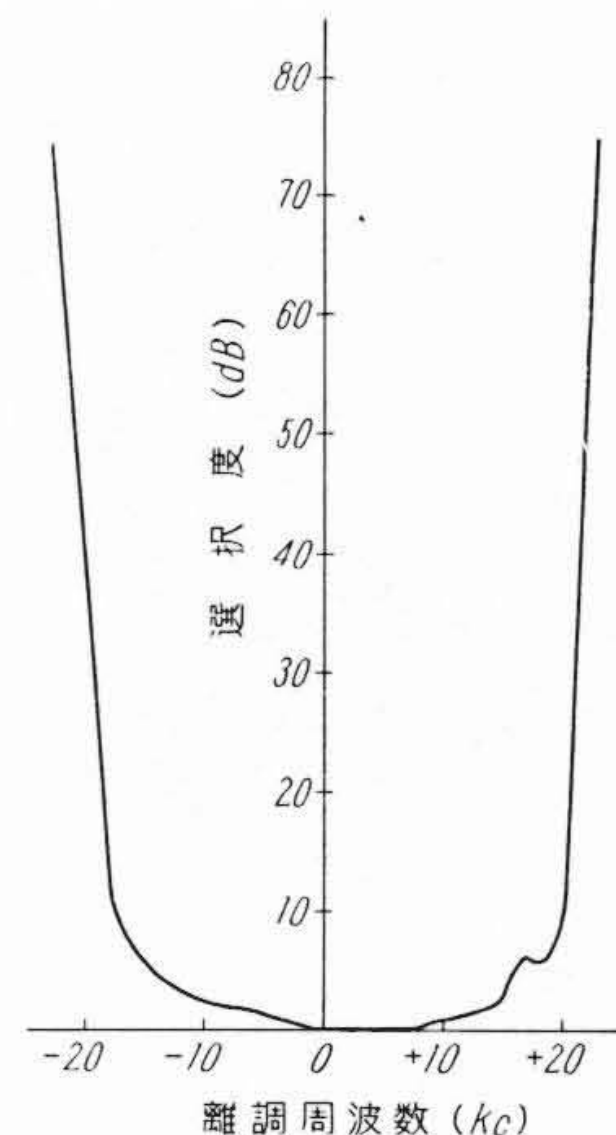
回路図構成は第2図総合系統図に示すように、入力側に小形共振器を用いて空中線インピーダンスの整合を取ると同時に、急しゅんな選択特性を持たせて他周波数帯の強力な妨害電波が直接初段トランジスタの入力側に加わるのを防いでいる。

第1局部発振回路には送信部と同じトランジスタ発振ユニットを使用し、第6図および第7図に示すような安定度を得ているので特にAFCは使用していない。

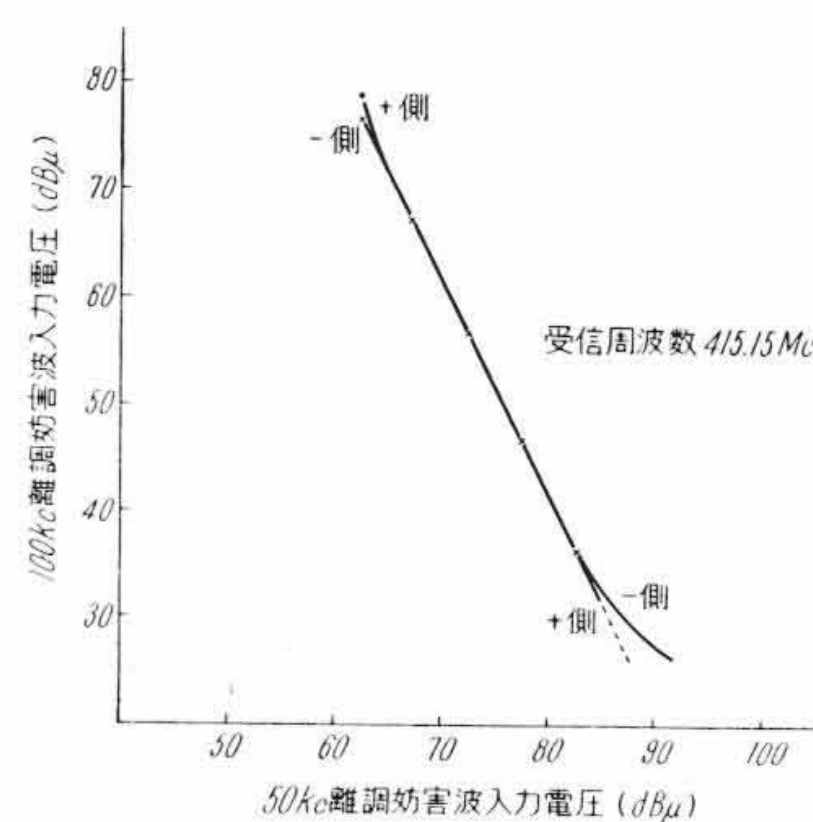
また混信保護比を高く取るため⁽³⁾、水晶フィルタおよびメカニカルフィルタをそれぞれ第1中間周波数段および第2中間周波数段に使用し、第11図のような良好な1信号選択度、第12、13図のような良好な2信号選択度を得ている。

なお、高周波部、第1中間周波増幅部、第2中間周波増幅器、低周波増幅部、スケルチ回路部など各部ごとにユニット化し、特に第2中間周波増幅部以降は日立標準形150、60 Mc用トランジスタ無線機と同一シートを使用した⁽⁴⁾。部品を標準化し保守を便ならしめるとともに、温度補償、スケルチ特性など数々の特長は

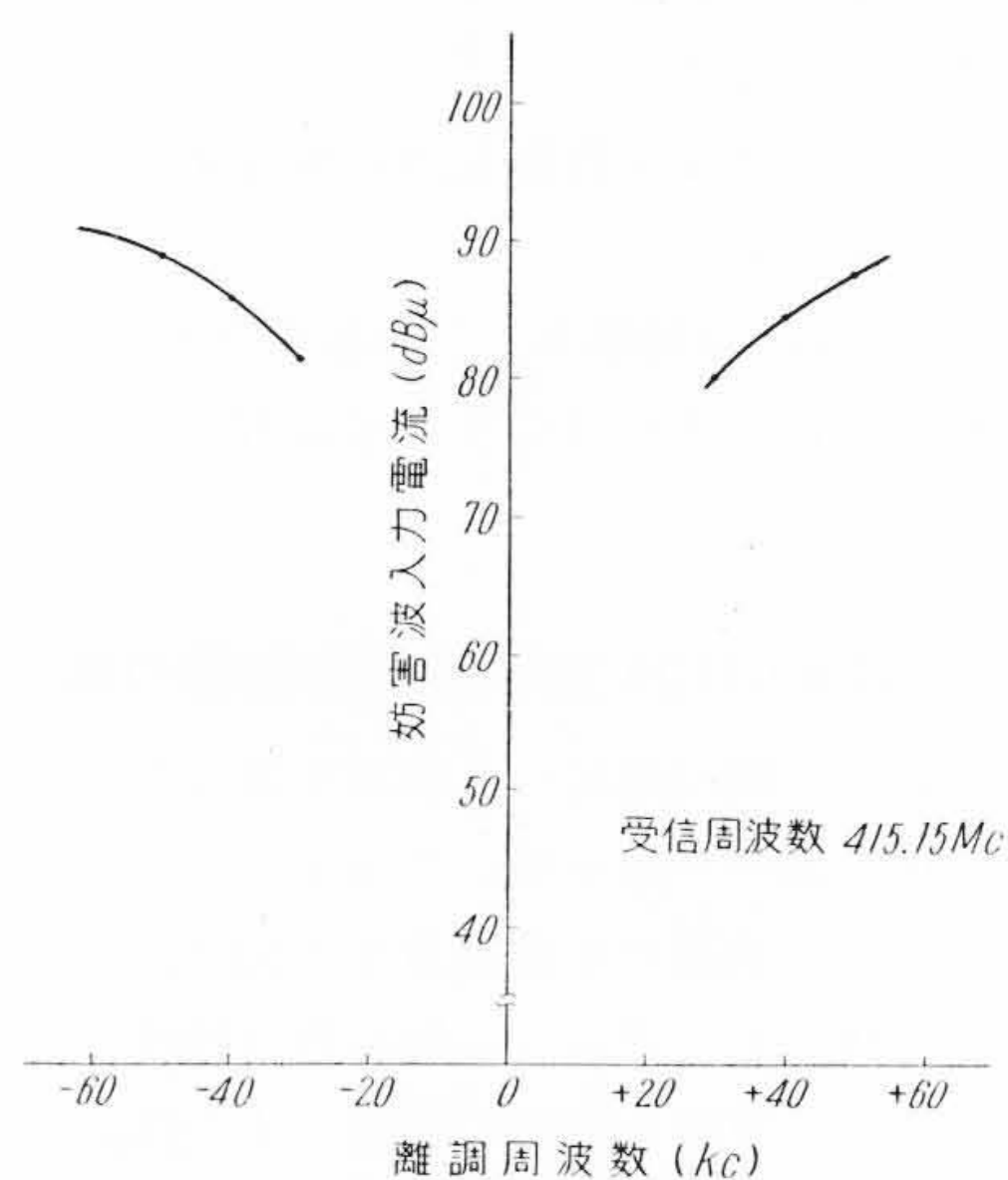
* 文献(5)により計算によって求めた。



第11図 受信部1信号選択特性



第12図 受信部相互変調特性



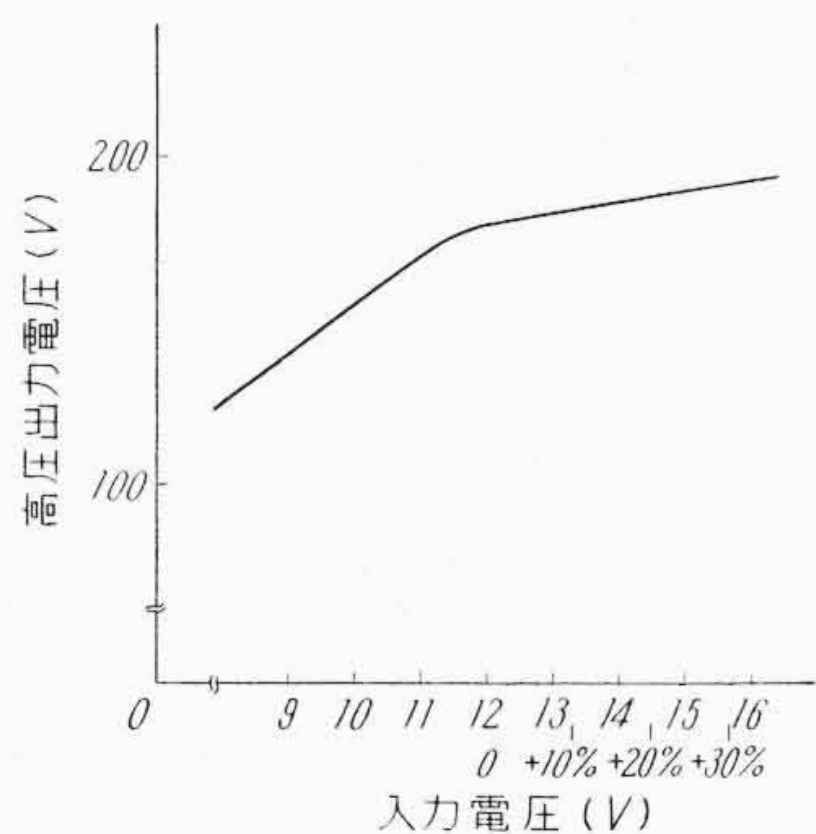
第13図 受信部感度抑圧効果

本装置においてもそのまま生かされている。

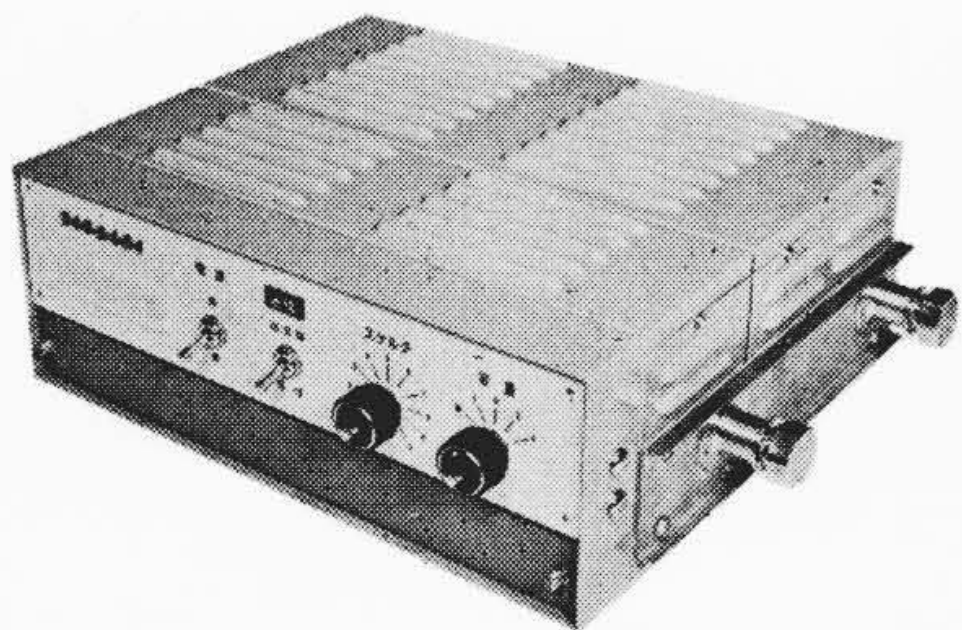
3.1.3 電源部

送信高圧用電源としては、大容量トランジスタ HS702 (最大定格: コレクタ損失 87.5 W, コレクタ電流 15 A) 2石を用いて高能率DC-DCコンバータを構成し、トランジスタ並列動作時において特性ふそろいによる破壊事故の根絶を期した。

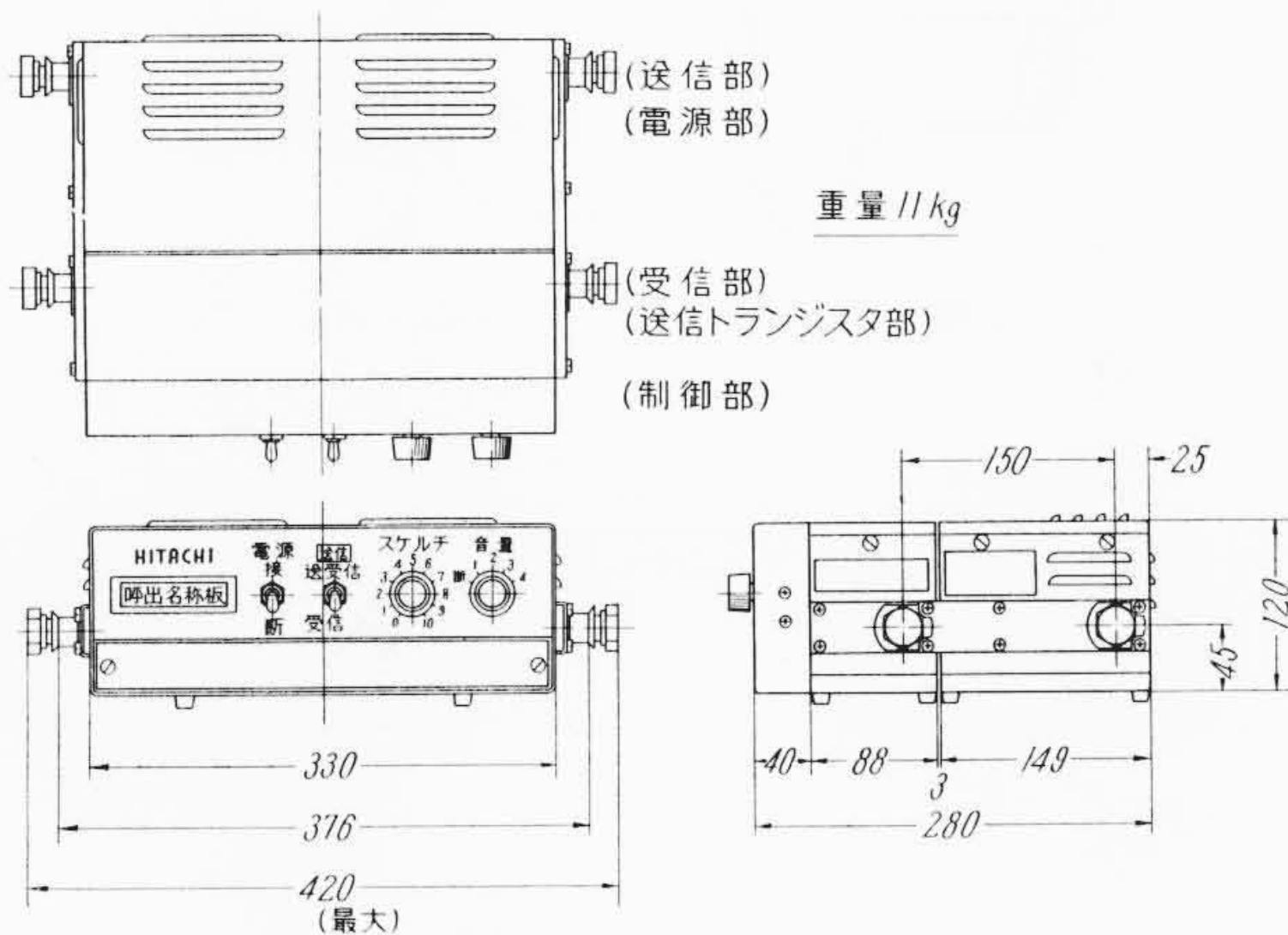
一般に自動車電源は発電機出力を定電圧化しているが、実測によれば短時間ではあるが、エンジン駆動時に定格出力の130%近く出力電圧が上昇することが認められる。これが送信出力管の寿命短縮の一因となるので、本電源部には過電圧制限回路を設け、出力管の保護を図ってある。その高圧出力電圧制限特性を第14図に示す。



第14図 電源部入出力特性



第15図 SEM-0510A 形 400 Mc 移動無線機外観



第16図 SEM-0510A 形 400 Mc 移動無線機の構造

3.2 構造

(1) 外観、構造

第15図および第16図に外観および構造を示す。プラグイン構造を有する制御部のほかに、本体は受信部、送信トランジスタ部

を収納する箱と、送信真空管部および電源部など主として発熱部品を収納する箱の二つに分けられ、外わくにより一体化されているので、この間の熱的遮へいはほとんど完全に近い構造となっている。したがって、連続動作試験結果では送信真空管部の温度上昇約 20°C に対し、上記受信トランジスタ部の温度上昇は $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ に過ぎず、ほとんど受信部のみの電力消費による温度上昇と考えられる。

また各種自動車ダッシュ板の構造寸法を考慮して、箱の寸法を奥行 280 mm, 幅 330 mm, 高さ 120 mm として無線機装着により自動車運転に不自由なきよう特に留意されている。自動車エンジンの熱放射、ボンネットの照り返し熱などによるダッシュ板近傍の熱こう配を考慮して、前面より制御部、受信部、送信部の順に配置してある。

(2) 保守、点検

本装置は保守、点検に特に留意し、下記のような考慮が払われている。

- (i) 無線機の着脱は側面ネジをゆるめるだけで迅速かつ容易にできる。
- (ii) 日常の点検は無線機装着のまま制御器下面の端子を用いて、送信出力の監視、受信入力測定、送受折り返しによる変調監視などが簡単にできる。
- (iii) トランジスタ部はシート交換により簡単に修復できる。

5. 結 言

以上概略ではあるがこのたび日立製作所が開発した 400 Mc FM 移動用無線電話装置につき紹介した。

なお移動用無線電話装置としては、新しい小形部品（マイクロモジュール、モレクトロニクスなどを含めて）の使用および送信出力部を含めた全半導体化によりさらに小形軽量化を図ることが今後のわれわれに残された課題と思われる。

最後に本開発にご指導、ご協力いただいた関係各位に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 郵政公報：電波版 第 989 号 昭和 34 年 10 月 5 日
- (2) 電力用 VHF 移動無線装置統一仕様書(案) 昭和 37 年 1 月 電力用移動無線機規格専門委員会
- (3) 今西、鈴木：日立評論 別冊 18 (昭 31-11)
- (4) 鈴木、市川：日立評論 43, 2200 (昭 36-12)
- (5) Harry F. Cooke: Transistor Upper Noise Corner Frequency (Mar. 1961, P. I. R. E.)